

EFFECTO DEL DÉFICIT HÍDRICO EN POSTCOSECHA EN LIMEROS

Mira-García, A.B., Conejero, W., Vera, J., Ruiz-Sánchez, M.C.

Dpto. Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS- CSIC). Campus de Espinardo, Apartado de correos 164, 30100 Murcia, España. abmira@cebas.csic.es; wenceslao@cebas.csic.es; jvera@cebas.csic.es; mcr Ruiz@cebas.csic.es

Resumen

En el trabajo se evalúa la capacidad para detectar el estrés de diferentes indicadores de estado hídrico en limeros (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) jóvenes (3 años de edad) cultivados en meseta y sin meseta en la finca experimental del CEBAS-CSIC en Murcia. Durante el ensayo se aplicaron dos tratamientos de riego: Control y Sequía. Los árboles del tratamiento Control fueron regados al 100% de la ET_c , mientras que los árboles del tratamiento Sequía fueron sometidos a supresión del riego durante 48 días y regados al 100% de la ET_c durante el período de recuperación. El estado hídrico del suelo se determinó en continuo con sensores de contenido volumétrico de agua (θ_v) y de potencial matricial (Ψ_m). El estado hídrico de la planta se evaluó con medidas discretas del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) y de intercambio gaseoso: fotosíntesis neta (F_n) y conductancia estomática (g_s). Durante el ensayo las condiciones meteorológicas del otoño propiciaron el desarrollo de un estrés hídrico ligero. El estado hídrico de los árboles del tratamiento Control no mostró diferencias significativas entre los sistemas de cultivo evaluados. Los árboles sometidos a sequía, sin embargo, registraron una disminución progresiva de θ_v y Ψ_m , así como del Ψ_{tallo} (que fue significativa tras dos semanas de estrés). Se observaron ligeras reducciones en la F_n y en la g_s pero con una gran variabilidad en sus medidas. El cultivo en meseta no afectó significativamente al comportamiento de los indicadores estudiados. El registro continuo y en tiempo real del estado hídrico del suelo facilitó la identificación del inicio y de la recuperación del estrés hídrico en la planta. El uso combinado del contenido volumétrico de agua en el suelo y de su potencial matricial permite tomar decisiones de manejo del riego con mayor precisión.

1) Introducción.

La Región de Murcia es una de las principales regiones productoras de lima del país (MAPA, 2018). El desarrollo de este cultivo en la Región se ve limitado principalmente por la escasez de recursos hídricos. Ante este panorama de déficit hídrico, se hace necesario un manejo del riego de precisión con el fin de reducir el consumo de agua.

El seguimiento del estado hídrico en los sistemas agrícolas se realiza en base a medidas directas del contenido de agua en el suelo, medidas indirectas en la planta (Jones, 2004), así como estimaciones basadas en la demanda evaporativa de la atmósfera a partir de las variables meteorológicas (Allen et al., 1997).

El uso de indicadores fisiológicos para la programación del riego, permite ajustar el agua aplicada a la que la planta necesita en cada momento, aumentando así la eficiencia de uso del agua. Existe unanimidad en la comunidad científica en la medida del potencial hídrico de hoja y/o tallo como el indicador fisiológico más robusto (Shackel et al., 1997; Naor, 2000) y específicamente para cítricos como demuestran Ruiz-Sánchez et al. (1997) y García-Orellana et al. (2013). Igualmente el uso de sensores de registro continuo del estado hídrico del suelo, adecuadamente calibrados e instalados en la zona de absorción radical, ha sido propuestos para la programación precisa de los riegos (Vera et al., 2019). El uso de estos indicadores permite conocer el nivel de estrés hídrico del cultivo, anticipándose ante

situaciones de estrés que puedan provocar mermas en la producción o en la calidad de la fruta obtenida (Domingo et al., 1996).

Para el correcto uso de estos indicadores es necesario conocer su capacidad para detectar situaciones de estrés hídrico, la cual puede variar en función de diversos factores como el sistema de cultivo, la forma de imposición del estrés, la textura del suelo o el estado fenológico del cultivo, entre otros.

2) Objetivos.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad para detectar el estrés de diferentes indicadores de estado hídrico del suelo y la planta en limeros jóvenes en dos sistemas de cultivo: meseta y sin meseta. Para ello, durante un ciclo de supresión del riego y recuperación se realizaron medidas en el suelo del contenido volumétrico y del potencial matricial, y en la planta del potencial hídrico de tallo y del intercambio gaseoso.

3) Material y Métodos

El ensayo se llevó a cabo los meses de septiembre y noviembre de 2018 en una plantación de limeros (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) jóvenes (3 años de edad), injertados sobre *Citrus macrophylla* L., en la finca experimental del CEBAS-CSIC situada en Santomera (Murcia), con una superficie total de 1 hectárea. La textura del suelo es franco arcillosa y el marco de plantación es de 6 m x 5 m. El sistema de riego localizado consiste en una doble línea portagoteros, con 4 goteros autocompensantes de 4 L h⁻¹ por árbol situados a 0,5 m del tronco.

Los árboles están dispuestos en parcelas de 60 m x 40 m, con 6 filas de árboles cada una (13 árboles por fila). Para el ensayo se seleccionaron dos parcelas: una con cultivo en meseta (Figura 1A) y otra sin meseta (Figura 1B) en las que se establecieron dos tratamientos de riego: Control y Sequía. Los árboles del tratamiento Control fueron regados al 100% de la ET_c (evapotranspiración del cultivo) a lo largo del ensayo, mientras que los árboles del tratamiento Sequía fueron sometidos a supresión del riego durante 48 días, y regados al 100% de la ET_c durante el período de recuperación.

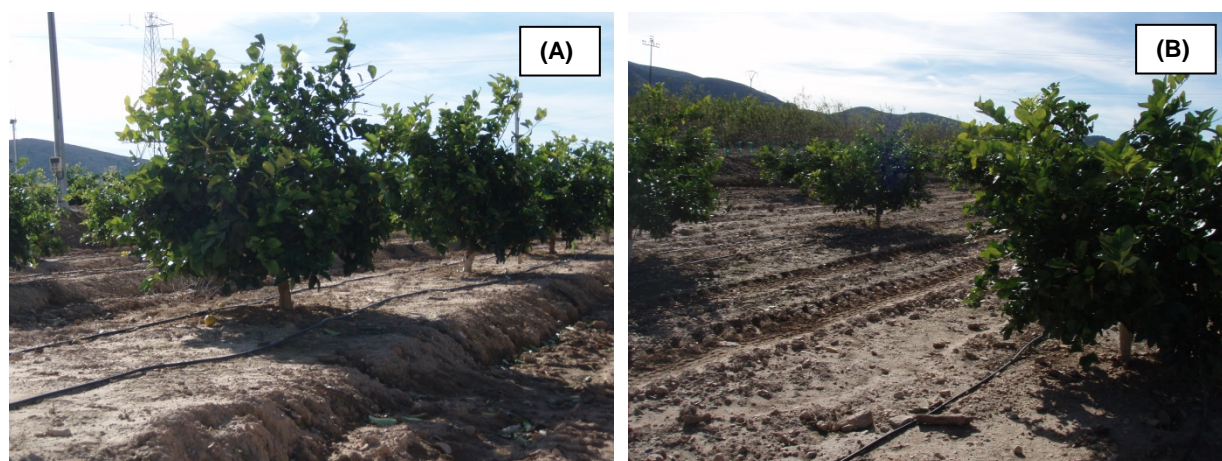


Figura 1. Vista general de limeros (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) jóvenes (3 años) cultivados en meseta (A) y sin meseta (B).

El diseño del experimento se ajusta a un modelo estadístico, en el que se estudia la respuesta de dos factores: 1, tratamiento de riego: Control y Sequía y 2, sistema de cultivo:

meseta y sin meseta. Cada tratamiento consta de un total de 13 árboles, realizándose las medidas en los 4 árboles centrales, el resto fueron considerados árboles bordes.

La medida del estado hídrico del suelo se realizó en continuo mediante sondas de contenido volumétrico de agua (θ_v), de tipo capacitivo (EnviroPro), situados a 10, 30, 40, 50 y 80 cm de profundidad, calibrados para un suelo de textura franco-arcillosa, y de potencial matricial (Ψ_m), Watermark, situados a 20, 40 y 60 cm de profundidad, ambos instalados a 10 cm del gotero. Las medidas se realizaron en continuo con un sistema de telemetría, programado para realizar lecturas cada 5 min y registrar el promedio cada 15 min.

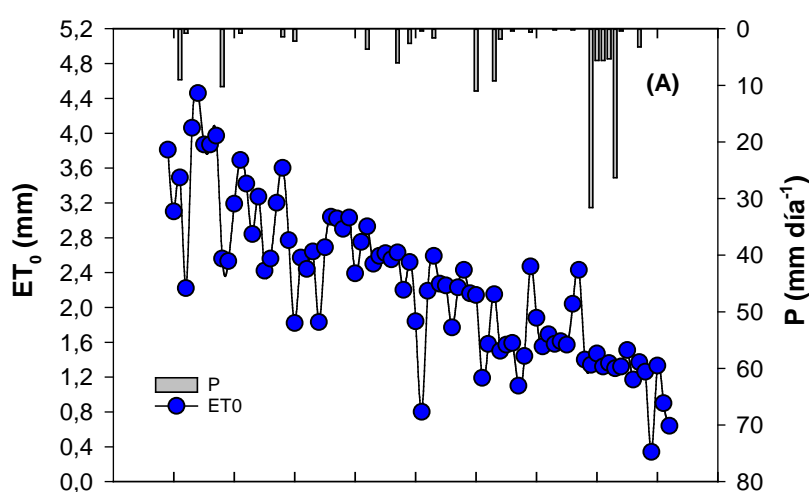
El estado hídrico de la planta se evaluó con medidas puntuales del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) y de intercambio gaseoso: fotosíntesis neta (F_n) y conductancia estomática (g_s). El Ψ_{tallo} se midió a mediodía solar, con una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Model 3000) (Hsiao, 1990) en hojas situadas en la cara norte y cercanas al tronco, las cuales fueron tapadas con papel de aluminio al menos dos horas antes de la medida (1 hoja por árbol y 4 por tratamiento). El intercambio gaseoso se determinó en un número similar de hojas soleadas a primera hora de la mañana, con un medidor portátil de fotosíntesis (LICOR LI-6400).

Los parámetros agroclimáticos: temperatura (T) y humedad relativa (HR) del aire, precipitación (P), radiación global, velocidad y dirección del viento y evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0) fueron registrados en tiempo real por una estación automática situada en la propia finca (http://www.cebas.csic.es/general_spain/est_meteo.html).

4) Resultados y Discusión

4.1) Condiciones agro-meteorológicas

Durante el ensayo las condiciones meteorológicas registradas fueron características del otoño en climas mediterráneos, con valores medios diarios de déficit de presión de vapor (DPV) en torno a -1,2 kPa y evapotranspiración de referencia (ET_0) de 2,3 mm, con una tendencia decreciente durante el periodo experimental (Figura 2). A lo largo del ensayo se registraron ligeros eventos de precipitación (≈ 30 mm) en la fase de supresión del riego (Figura 2) que, junto con las condiciones de baja demanda, propiciaron el desarrollo de un estrés hídrico ligero.



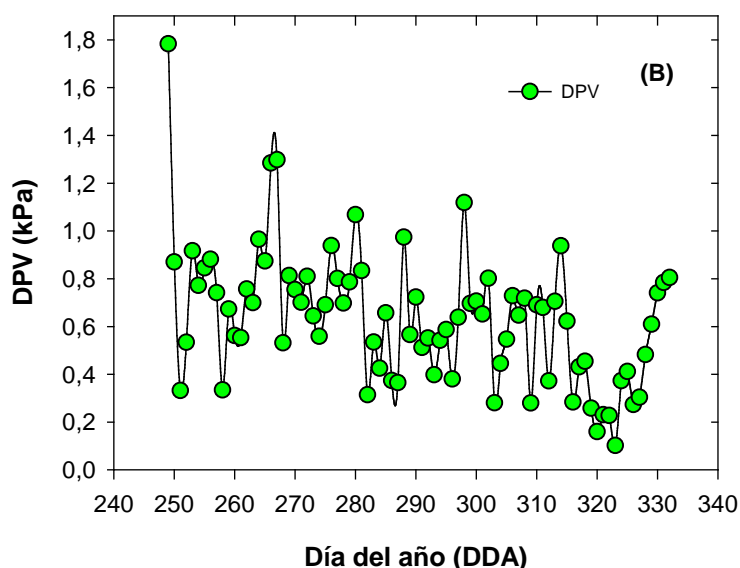


Figura 2. Evolución de la evapotranspiración de referencia diaria (ET_0) y de la precipitación (P) (A), y del déficit de presión de vapor diario (DPV) (B) durante el periodo experimental.

4.2) Indicadores de estado hídrico del suelo

La monitorización del estado hídrico del suelo permitió observar la disminución progresiva de θ_v y Ψ_m desde el inicio del periodo de estrés. La figura 3A muestra los datos quince-minutarios del contenido de agua en el suelo (θ_v) en el perfil medio 0-50 cm de profundidad (donde se encuentra la mayor actividad radical) y donde se observa una disminución significativa en el suelo del tratamiento Sequía con respecto al tratamiento Control a partir de los 10 días de estrés. Tras una semana de supresión del riego, la tensión matricial de agua en el suelo en los perfiles más superficiales (20-40 cm) alcanzó valores próximos a -160 kPa, mientras que a 60 cm de profundidad los valores fueron similares a los del tratamiento Control, requiriendo 7 días más para disminuir por debajo de -80 kPa, indicando un aumento significativo del grado de estrés hídrico en todo el perfil del suelo (Figura 3B). La captación de agua por la planta fue análoga a la observada con θ_v , siendo más rápida en los horizontes más superficiales, que resultaron más afectados por los episodios de lluvia.

Una vez finalizado el periodo de estrés hídrico los árboles del tratamiento Sequía fueron regados de igual forma que el tratamiento Control. De esta forma, la disponibilidad de agua en el suelo fue incrementándose desde los niveles más superficiales, necesitando 5-6 días para alcanzar los valores medios similares al inicio del estrés para los indicadores de agua en el suelo (Figura 3A, B).

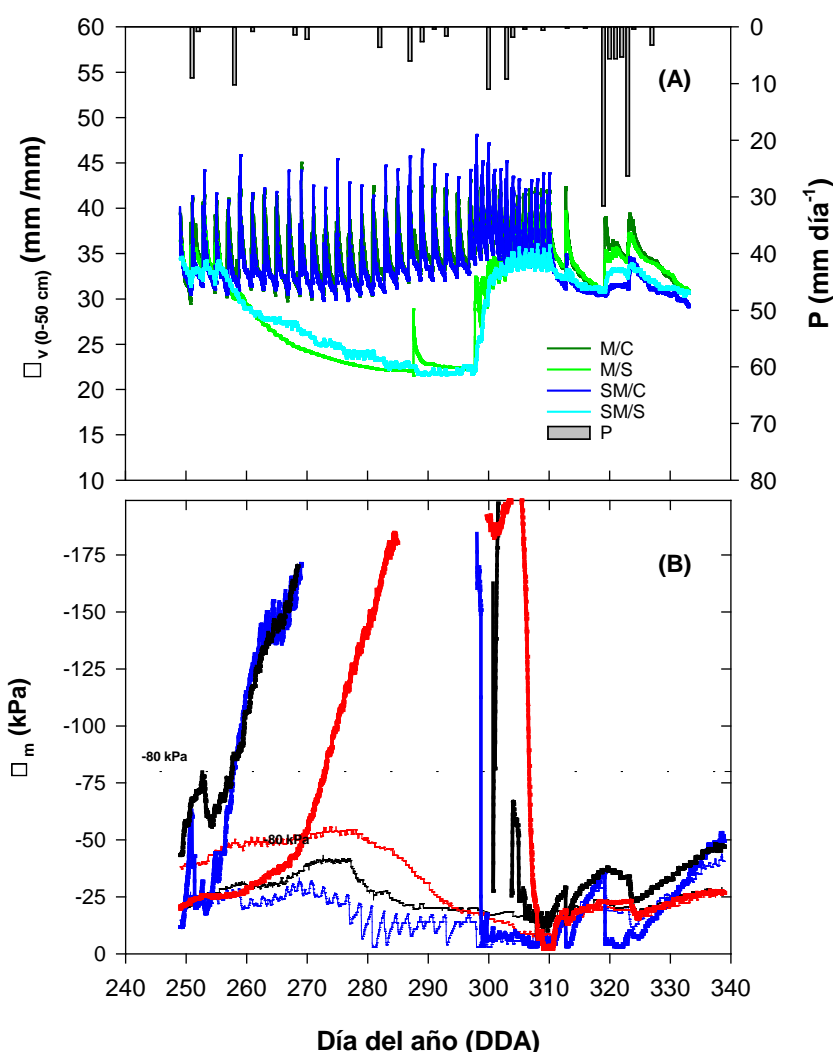


Figura 3. Evolución de la precipitación (P) y del contenido de agua en el suelo (θ_v) en el perfil medio 0-50 cm en los tratamientos Control y Sequía en meseta y sin meseta (A) y del potencial matricial (B) a 20 cm (azul), 40 (negro) y 60 cm (rojo) en el tratamiento meseta Control (trazo fino) y Sequía (trazo grueso, durante el periodo experimental).

4.3) Indicadores de estado hídrico de la planta

El estado hídrico de los árboles del tratamiento Control respondió a las condiciones meteorológicas y de riego, con valores altos de potencial hídrico de tallo durante el periodo experimental y sin diferencias significativas entre condiciones de cultivo en meseta y sin meseta (Figura 4). En contraste, la supresión del riego provocó un descenso de Ψ_{tallo} en ambas situaciones de cultivo, hasta alcanzar valores mínimos de -0,91 MPa y -1,02 MPa al final del periodo de estrés (DDA 297), en las plantas cultivadas en meseta y sin meseta, respectivamente, siendo estas diferencias no significativas estadísticamente (Figura 4). Estos valores de Ψ_{tallo} son indicadores de una situación de estrés hídrico ligero, ya que, los cítricos pueden soportar situaciones severas de sequía, con valores de potencial hídrico foliar al alba de hasta -5 MPa (Ferreira et al., 1979; Ruiz-Sánchez et al., 1997).

La disminución de Ψ_{tallo} en los árboles del tratamiento Sequía fue significativa, con respecto a los árboles del tratamiento Control, a las 2 semanas del inicio del estrés y más

acusada en los árboles cultivados sin meseta, aunque sin diferencias significativas. Es importante señalar que en este momento (2 semanas de estrés) se produce a su vez una ralentización en la disminución del contenido de agua en el suelo (θ_v). Este punto de inflexión puede ser empleado como indicador del inicio del estrés hídrico en la planta (Abrisqueta et al., 2012; Thompson et al., 2007), de forma similar a lo observado en un ensayo realizado en macetas con este mismo cultivo (Ruiz-Sánchez et al., 2018).

Los parámetros de intercambio gaseoso mostraron ligeras reducciones de la fotosíntesis neta (F_n) y la conductancia estomática (g_s) con la supresión del riego, pero con una gran variabilidad en las medidas (datos no mostrados).

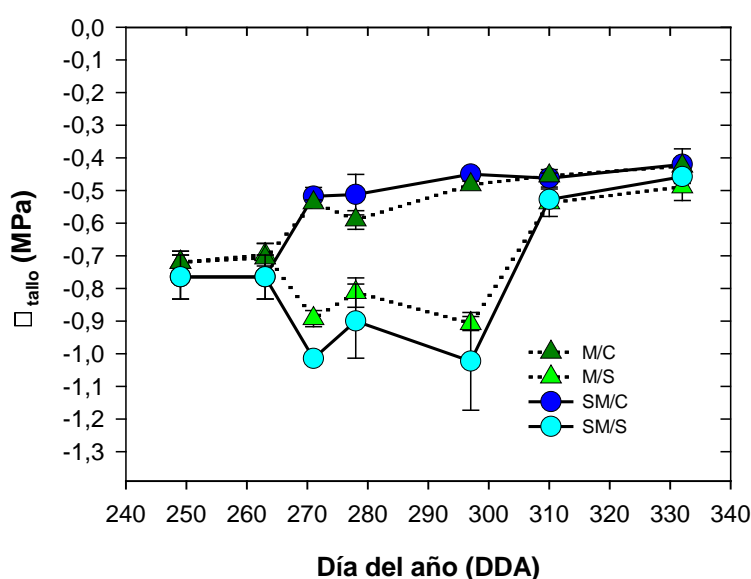


Figura 4. Evolución del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) durante el periodo experimental.

Cada punto corresponde a la media de 4 repeticiones. Las barras verticales sobre los puntos son el error estándar ($\pm ES$). ns: no significativo, * indica diferencias significativas según el test de la MDS ($p < 0,05$).

5) Conclusiones y Recomendaciones

Las condiciones meteorológicas predominantes en el periodo de ensayo (otoño de clima mediterráneo), con demanda bioclimática moderada, facilitó la aparición de un estrés hídrico ligero en las plantas jóvenes de limeros sometidas a supresión del riego.

El cultivo en meseta no modificó significativamente el comportamiento de los indicadores de estado hídrico del suelo y de la planta estudiados, tanto en condiciones de adecuado suministro hídrico como en condiciones de sequía, comparado con el cultivo sin meseta.

El potencial hídrico de tallo es el indicador en planta más robusto para detectar situaciones de estrés hídrico, pero requiere mano de obra especializada para hacer la medida *in situ*. si bien no permite la monitorización en continuo.

El registro continuo y en tiempo real de los sensores de estado hídrico del suelo facilitó la identificación del inicio y de la recuperación del estrés hídrico en la planta de forma precisa. El uso combinado del contenido volumétrico de agua en el suelo y de su potencial matricial permite interpretar el movimiento de agua en el suelo, y por lo tanto tomar decisiones de manejo del riego con mayor precisión, ante la conveniencia de generar

situaciones de estrés hídrico, como es el caso en las estrategias de riego deficitario controlado.

6) Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con proyectos del Plan Nacional-FEDER (AGL2016-77282-C03-1R) y de la fundación Séneca de la Región de Murcia (19903/GERM/15).

7) Bibliografía

Abrisqueta, I., Vera, J., Tapia, L.M., Abrisqueta, J.M., Ruiz-Sánchez, M.C. (2012). Soil water content criteria for peach trees water stress detection during the postharvest period. *Agricultural Water Management* 104: 62-67.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage paper 56, Roma.

Domingo, R., Ruiz-Sánchez, M.C., Sánchez-Blanco, M.J., Torrecillas, A. (1996). Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrigation Science* 16: 115-123.

Fereres, E., Cruz-Romero, G., Hoffman, G. J., Rawlins, S. L. (1979). Recovery of orange trees following severe water stress. *Journal of Applied Ecology* 16: 833-42.

García-Orellana, Y., Ortuño, M.F., Conejero, W., Ruiz-Sánchez, M.C. (2013). Diurnal variations in water relations of deficit irrigated lemon trees during fruit growth period. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11(1): 137-145.

Hsiao, T. C. (1990). Measurements of plant water status. En: *Irrigation of Agricultural Crops* (Monograph no. 30). Eds. B A Stewart and D R Nielsen. pp. 243–279. American Society of Agronomy, Madison.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (2018) (ESYRCE).

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>

Naor, A. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. (2010) *Horticultural Review* 32: 111–165.

Ruiz-Sánchez, M.C., Domingo, R., Savé, R., Biel, C., Torrecillas, A. (1997). Effects of water stress and rewatering on leaf water relations of lemon plants. *Biologia Plantarum* 39: 623-631.

Ruiz-Sánchez, M.C., Vera, J., Conejero, W., Mira-García, A.B., Ortuño, M.F. (2018). Indicadores de balance hídrico en limeros jóvenes. XXXVI Congreso Nacional de Riegos. (Valladolid), A-04.

Shackel, K.A.; Ahmadi, H.; Biasi, W.; Buchner, R.; Goldhamer, D.A.; Gurusinghe, S.H.; Hasey, J.; Kester, D.; Krueger, B.; Lampinen, B.; McGourty, G.; Micke, W.; Mitcham, E.; Olson, B.; Pelletreau, K.; Philips, H.; Ramos, D.; Schwankl, L.J.; Sibbet, S.; Snyder, R.; Southwick, S.; Stevenson, M.; Thorpe, M.; Weinbaum, S.; Yeager, J. (1997). Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology* 7: 23–29.

Thompson, R.B., Gallardo, M., Valdez, L.C., Fernández, M.D. (2007). Determination of lower limits for irrigation management using in situ assessments of apparent crop water uptake made with volumetric soil water content sensors. *Agricultural Water Management* 92: 13–28.

Vera, J., Conejero, W., Conesa, M.R., Ruiz-Sánchez, M.C. (2019). Irrigation Factor approach based on soil water content: a nectarine orchard study case. *Water* 11 (3): 589.